1. **Закон Кулона**

Тела, взаимодействующие с силой, прямо пропорциональной произведению зарядов этих тел и обратно пропорционально квадрату расстояний между ними с точностью до константы k =

ε0 = 8,854·10–12 Кл2/(Н·м2)

- Силовой характеристикой поля создаваемого зарядом q является отношение силы действующей на заряд к величине этого заряда называемое **напряженностью электростатического поля**, т.е.

[В/м или Н/Кл.]

**Принцип суперпозиции**. Напряжённость поля, создаваемого системой неподвижных точечных зарядов q1, q2, q3, …, qn, равна векторной сумме напряжённостей электрических полей, создаваемых каждым из этих зарядов в отдельности:  
                                          http://physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/1_3/image004.jpg



**Связь между напряженностью и потенциалом**

Работа электростатического поля равна убыли потенциальной энергии заряда, перемещенного на расстоянии dl:



отсюда



1. По определению**, поток вектора напряженности** электрического поля равен числу линий напряженности, пересекающих поверхность S. поток вектора напряженности через произвольную элементарную площадку dS будет равен:



Т.е. в однородном поле



В произвольном электрическом поле



**Вывод теоремы Остроградского-Гаусса**

  В каждой точке поверхности *S*1проекция http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/02_f/005.gif  на направление внешней нормали одинакова и равна:

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/02_f/038.gif

Тогда поток через *S*1

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/02_f/039.gif

      Подсчитаем поток через сферу *S*2, имеющую радиус *R*2:

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/02_f/040.gif

       Из непрерывности линии http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/02_f/041.gif  следует, что поток и через *любую произвольную* поверхность *S* будет равен этой же величине:

|  |  |
| --- | --- |
|  | http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/02_f/042.gif  – ***теорема Гаусса для одного заряда***. |

**3. Поток вектора электрического смещения**

 Аналогично потоку для вектора http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/012.gif (http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/067.gif) можно ввести понятие потока для вектора http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/066.gif (http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/068.gif). Пусть произвольную площадку *S* пересекают линии вектора электрического смещения http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/066.gif под углом α к нормали http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/069.gif (рис. 4.11).

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/070.gif

      В однородном электростатическом поле http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/071.gif

Теорему Остроградского-Гаусса для вектора http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/066.gif получим из теоремы Остроградского-Гаусса для вектора http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/012.gif:

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/073.gif,     т. к. http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/074.gif,      то http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/075.gif.

***Теорема Остроградского–Гаусса для http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/066.gif***:

|  |  |
| --- | --- |
|  | http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/04_f/077.gif |

**Дифференциальная форма теоремы *Остроградского–Гаусса***

Производя деление объема Vна малые объемы Vi , получим выражение



справедливое как в целом, так и для каждого слагаемого. Преобразуем полученное выражение следующим образом:

     (1.7)

и рассмотрим предел, к которому стремится выражение в правой части равенства, заключенное в фигурных скобках, при неограниченном делении объема V. В математике этот предел называют дивергенцией вектора (в данном случае вектора электрической индукции D):



Дивергенция вектора D в декартовых координатах:



Таким образом выражение (1.7) преобразуется к виду:

 .

5**. Электроемкость плоского конденсатора** прямо пропорциональна площади пластин (обкладок) и обратно пропорциональна расстоянию между ними. Если пространство между обкладками заполнено диэлектриком, электроемкость конденсатора увеличивается в ε раз:

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164557049-14.gif | |

Примерами конденсаторов с другой конфигурацией обкладок могут служить сферический и цилиндрический конденсаторы. Сферический конденсатор – это система из двух концентрических проводящих сфер радиусов R1 и R2. Цилиндрический конденсатор – система из двух соосных проводящих цилиндров радиусов R1 и R2 и длины L. Емкости этих конденсаторов, заполненных диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε, выражаются формулами:

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164557079-15.gif(сферический конденсатор),  http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164557079-16.gif(цилиндрический конденсатор). | |

Конденсаторы могут соединяться между собой, образуя батареи конденсаторов. При параллельном соединении конденсаторов (рис. 1.6.3) напряжения на конденсаторах одинаковы: U1 = U2 = U, а заряды равны q1 = С1U и q2 = C2U. Такую систему можно рассматривать как единый конденсатор электроемкости C, заряженный зарядомq = q1 + q2 при напряжении между обкладками равном U. Отсюда следует

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164557149-17.gif | |
|  |

Таким образом, при параллельном соединении электроемкости складываются.

При последовательном соединении (рис. 1.6.4) одинаковыми оказываются заряды обоих конденсаторов: q1 = q2 = q, а напряжения на них равны http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164557179-19.gif и http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164557179-20.gif Такую систему можно рассматривать как единый конденсатор, заряженный зарядом q при напряжении между обкладками U = U1 + U2. Следовательно,

|  |
| --- |
| http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/javagifs/63230164557200-21.gif |

При последовательном соединении конденсаторов складываются обратные величины емкостей.

**Связь вектора поляризации**

В результате поляризации на гранях диэлектрика появятся поляризационные заряды с поверхностной плотностью : http://www.webpoliteh.ru/images/em/image190.png

Построим на ds цилиндр с образующими параллельными вектору напряженности. Цилиндр можно рассматривать как диполь с величиной дипольного момента :http://www.webpoliteh.ru/images/em/image191.png

По определению модуль вектора поляризации: http://www.webpoliteh.ru/images/em/image192.png

Следовательно: http://www.webpoliteh.ru/images/em/image193.png

Поверхностная плотность связанных зарядов равна проекции вектора поляризации на направление нормали к поверхности диэлектрика. Физический смысл этой величины в том, что она равна величине заряда, который смещается через единичную площадку в направлении нормали к ней.

**6. Работа перемещения заряда.**

На положительный точечный заряд *q* в электрическом поле с напряжённостью **E** действует сила  **F**= *q* **E**. При перемещении заряда на отрезке d**l** силами поля совершается работа

d*A =* **F**d**l***=**q E*d*l*cos (**E**, d**l***)*.

При перемещении заряда *q* силами электрического поля на произвольном конечном отрезке из точки 1 в точку 2 эта работа равна

http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/1_5/image002.jpg.

Рассмотрим перемещение точечного заряда *q* в поле точечного заряда *Q*, напряженность поля которого

http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/1_5/image0022.jpg.

Проекция отрезка d*l* на направление вектора **E** (рис. 1.5) есть d*r* = d*l* cos (**E**, d**l**).

Работа, совершаемая электрическим полем при перемещении заряда *q* из точки 1 в точку 2, определяется следующим образом:

http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/1_5/image006.jpg

**Потенциальный характер поля:**

Отсюда следует, что *работа сил электрического поля не зависит от формы пути, а определяется* *только начальным и конечным положениями заряда* *q*. Если оба заряда, *q* и *Q*, положительны, то работа сил поля положительна при удалении зарядов и отрицательна при их взаимном сближении.

Для электрического поля, созданного системой зарядов *Q*1, *Q*2,¼, *Qn*, работа перемещения заряда *q* равна алгебраической сумме работ составляющих сил:

http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/1_5/image008.jpg.

**Циркуляция вектора напряженности электрического поля.**Работа, совершаемая силами электрического поля при перемещении *единичного положительного заряда* по замкнутому контуру длиной *l*, определяется как циркуляция вектора напряженности электрического поля:

http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/1_5/image010.jpg

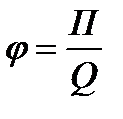
Так как для замкнутого пути положения начальной и конечной точек перемещения заряда совпадают, то работа сил электрического поля на замкнутом пути равна нулю, а значит, равна нулю и циркуляция вектора напряженности, т.е.

http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/1_5/image00222.jpg .

Равенство нулю означает, что силы электрического поля являются силами*консервативными*, а само поле - *потенциальным*.

Подобно тому, как потенциальная энергия в поле сил тяготения пропорциональна массе тела, потенциальная энергия электрического поля пропорциональна заряду: http://ok-t.ru/helpiksorg/baza4/201595755765.files/image1090.png .

Величина *φ* называется электрическим потенциалом поля.

 (11)

**Потенциал http://ok-t.ru/helpiksorg/baza4/201595755765.files/image119.png**в какой-либо точке электро­статического поля есть физическая вели­чина, определяемая потенциальной энерги­ей единичного положительного заряда, помещенного в эту точку.

Потенциал является энергетической характеристикой электростатического поля.

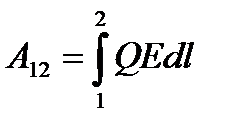
Единица электрического потенциала – **вольт.** 1В - есть потенциал такой точки поля, в которой заряд в 1Кл обладает потенциальной энергией 1Дж (1В = 1Дж/Кл).

Работа, совершаемая силами электро­статического поля при перемещении за­ряда ***Q*** из точки 1 в точку 2 , может быть представлена как

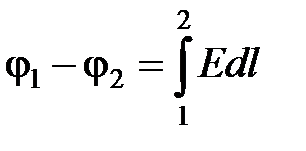
http://ok-t.ru/helpiksorg/baza4/201595755765.files/image1092.png (12)

т. е. равна произведению переносимого заряда на разность потенциалов в началь­ной и конечной точках.

Работа сил поля при перемещении за­ряда ***Q*** из точки 1 в точку 2 может быть записана также в виде

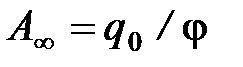
 (13)

Приравняв (12) и (13), придем к соот­ношению

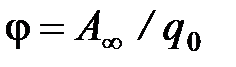
 (14)

где интегрирование можно производить вдоль любой линии, соединяющей на­чальную и конечную точки, так как работа сил электростатического поля не зависит от траектории перемещения.

Если перемещать заряд ***Q*** из произ­вольной точки за пределы поля, т. е. в бесконечность, где по условию потенциал равен нулю, то работа сил электростати­ческого поля, cогласно (12),



или

 (15)

Таким образом, **потенциал** - физическая величина, определяемая работой по пере­мещению единичного положительного заряда при удалении его из данной точки в бесконечность. Эта работа численно равна работе, совершаемой внешними силами (против сил электростатического поля) по перемещению единичного поло­жительного заряда из бесконечности в данную точку поля.

**Связь потенциала с напряженностью**

Пусть положительный заряд q перемещается силой электрического поля с эквипотенциальной поверхности, имеющей потенциал http://physics-lectures.ru/lectures/88/images/image251.gif , на близко расположенную эквипотенциальную поверхность, имеющую потенциал http://physics-lectures.ru/lectures/88/images/image253.gif (рис. 13.16).

Напряженность поля Е на всем малом пути dx можно считать постоянной. Тогда работа перемещения http://physics-lectures.ru/lectures/88/images/image255.gifС другой стороны http://physics-lectures.ru/lectures/88/images/image257.gif . Из этих уравнений получаем

|  |  |
| --- | --- |
| http://physics-lectures.ru/lectures/88/images/image259.gif | (13.22) |

Знак минус обусловлен тем, что напряженность поля направлена в сторону убывания потенциала, тогда как градиент потенциала направлен в сторону возрастания потенциала.

Между двумя любыми точками на **эквипотзенциальной поверхности** разность потенциалов равна нулю, поэтому работа сил электрического поля при любом перемещении заряда по эквипотенциальной поверхности равна нулю. Это означает, что вектор силы в любой точке траектории движения заряда по эквипотенциальной поверхности перпендикулярен вектору скорости. Следовательно, линии напряженности электростатического поля перпендикулярны эквипотенциальной поверхности.

**Электрический диполь**— система двух равных по модулю разноименных точечных зарядов (http://physflash.narod.ru/Search/electromagnetics/3_clip_image002.gif), расстояние http://physflash.narod.ru/Search/electromagnetics/3_clip_image004.gif между которыми значительно меньше расстояния до рассматриваемых точек поля.

7. Постоя́нный ток — электрический ток, который с течением времени не изменяется по величине и направлению.

Плотность тока - векторная физическая величина, равная отношению силы тока к площади поперечного сечения проводника.



Физическая величина, равная работе сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда *q* от отрицательного полюса источника тока к положительному, называется электродвижущей силой источника (ЭДС):

|  |
| --- |
| http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/1726564c-be8d-654c-5263-35072fb71fa6/00119626738561925.gif |

В основе теории Максвелла лежат четыре уравнения. Воспользовавшись известными из векторного анализа теоремами Стокса и Гаусса

Активное изображение

можно представить полную систему уравнений Максвелла в дифференциальной форме (характеризующих поле в каждой точке пространства):

Активное изображение

Если заряды и токи распределены в пространстве непрерывно, то обе формы уравнений Максвелла – интегральная и дифференциальная – эквивалентны. Однако если имеются поверхности разрыва (поверхности, на которых свойства среды или полей меняются скачкообразно), то интегральная форма уравнений является более общей.

Уравнения Максвелла в дифференциальной форме предполагают, что все величины в пространстве и времени изменяются непрерывно. Чтобы достичь математической эквивалентности обеих форм уравнений Максвелла, дифференциальную форму дополняю граничными условиями, которым должно удовлетворять электромагнитное поле на границе раздела двух сред. Интегральная форма уравнений Максвелла содержит эти условия

Активное изображение

8**. Закон Ома в интегральной форме** для однородного участка цепи (не содержащего ЭДС)

|  |  |
| --- | --- |
| http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/07_f/063.gif |  |

Исходя из закона Ома (7.6.1), имеем:

http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/07_f/066.gif

      А мы знаем, что http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/07_f/067.gif или http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/07_f/068.gif. Отсюда можно записать

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/07_f/069.gif, | (7.6.3) |  |

      это запись ***закона Ома в дифференциальной форме***.

Здесь http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/07_f/070.gif – *удельная электропроводность*.

**Самоиндукция**

Каждый проводник, по которому протекает эл.ток, находится в собственном магнитном поле. При изменении силы тока в проводнике меняется м.поле, т.е. изменяется магнитный поток, создаваемый этим током. Изменение магнитного потока ведет в возникновению вихревого эл.поля и в цепи появляется ЭДС индукции. Это явление называется самоиндукцией.

**Самоиндукция** - явление возникновения ЭДС индукции в эл.цепи в результате изменения силы тока.

Возникающая при этом ЭДС называется ЭДС самоиндукции

**Индуктивность** - физ. величина, численно равная ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре при изменении силы тока на 1Ампер за 1 секунду.  
Также индуктивность можно рассчитать по формуле: **Ф = L \* I**

где Ф - магнитный поток через контур, I - сила тока в контуре.

**ЭДС самоиндукции** препятствует нарастанию силы тока при включении цепи и убыванию силы тока при размыкании цепи.

http://class-fizika.narod.ru/10_11_class/10_magn/55.gif

***Плотность энергии и энергия магнитного поля.***

*по которой течет ток I, обладает энергией*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image916.png,* | *(5.5.3)* |  |

*Выразим энергию магнитного поля через параметры магнитного поля. Для соленоида:*

*http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image918.png .*

*http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image920.png ; отсюда http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image922.png*

*Подставим эти значения в формулу (5.5.3):*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image924.png,* | *(5.5.4)* |  |

*Обозначим w – плотность энергии, или энергия в объеме V, тогда*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image926.png,* | *(5.5.5)* |  |

*но т.к. http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image928.png , то*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image930.png или http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image932.png* | *(5.5.6)* |  |

*Энергия однородного магнитного поля в длинном соленоиде может быть рассчитана по формуле*

*http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image934.png*

*а плотность энергии*

*http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC/ima/image936.png*

*9*. в общем случае напряжение на участке цепи равно алгебраической сумме разности потенциалов и ЭДС на этом участке. Если же на участке действуют только электрические силы (ε = 0), то  U=φ1−φ2 U=φ1−φ2. Таким образом, только для однородного участка цепи понятия напряжения и разности потенциалов *совпадают.*

*Закон Ома для неоднородного участка цепи имеет вид:*

***I=UR=φ1−φ2+εR, I=UR=φ1−φ2+εR,***

*где R — общее сопротивление неоднородного участка.*

**Падение напряжения** — постепенное уменьшение [напряжения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5)) вдоль [проводника](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE)), по которому течёт [электрический ток](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA), обусловленное тем, что проводник обладает активным [сопротивлением](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5). Под падением напряжения также понимают величину на которую меняется [потенциал](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB) при переходе из одной точки [цепи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%8C) в другую.

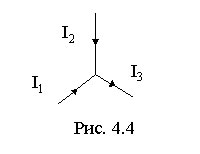
По [закону Ома](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9E%D0%BC%D0%B0) на участке проводника, обладающем активным сопротивлением R{\displaystyle \ R}, ток I{\displaystyle \ I} создаёт падение напряжения U = IR{\displaystyle \ U=IR}.

*Разность потенциалов – это разность между величинами электрических потенциалов в двух точках независимо от природы того явления, которое создаёт эту разность. Она равна работе по перемещению заряда 1 Кл из одной точки в другую.*

*Фактически, Падение напряжения – это разность потенциалов, которая возникает на выводах сопротивления, когда через него течёт электрический ток.*

***10. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа и расчет электрических цепей с их помощью.***

Электрические цепи подразделяют на неразветвленные и разветвленные. *Расчет разветвленных цепей значительно упрощается, если пользоваться правилами, сформулированными немецким физиком Г. Р. Кирхгофом. Этих правил два.*

**

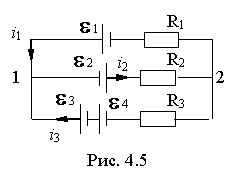
*Первое из них относится к узлам цепи. Узлом называется точка, в которой сходится более чем два проводника (рис. 4.4). Ток, текущий к узлу, считается положительным, текущий от узла имеет противоположный знак.****Первое правило Кирхгофа****гласит, что алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю:*

*http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/4_4/image004.jpg.*

*Это правило вытекает из уравнения непрерывности, т. е., в конечном счете, из закона сохранения заряда. Число уравнений, составленных по первому правилу Кирхгофа, должно быть на одно меньше, чем число узлов в исследуемой цепи. Этим обеспечивается линейная независимость получаемых уравнений.  
  
Второе правило относится к любому выделенному в разветвленной цепи замкнутому контуру (например, 1-3-2) (см. рис. 4.5). Зададим направление обхода, изобразив его стрелкой. Применим к каждому из неразветвленных участков контура закон Ома:*

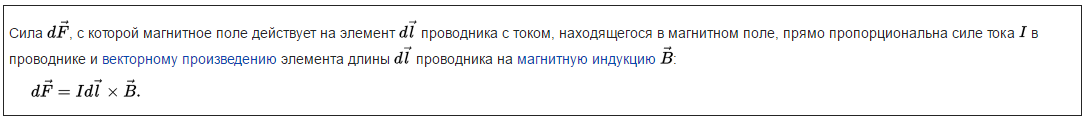
*http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/4_4/image006.jpg; http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/4_4/image008.jpg.*

*При сложении этих выражений получается одно из уравнений*

*http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/4_4/image012.jpg; http://www.physicsleti.narod.ru/fiz/assets/images/4_4/image014.jpg ,  
*

*которое выражает****второе правило Кирхгофа****: для любого замкнутого контура алгебраическая сумма всех падений напряжения равна сумме всех ЭДС в этом контуре.*

***Зако́н Ампе́ра****— закон взаимодействия*[*электрических токов*](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA)*.*

**

*11.* ***Постоянным магнитным полем*** *мы называем поле, не зависящее от времени. Постоянное магнитное поле по-прежнему равно****H****=rot****A****.*

*Так как электрический ток представляет собой упорядоченное движение зарядов, то действие магнитного поля на проводник с током есть результат его действия на отдельные движущиеся заряды.*

*Силу, действующую со стороны магнитного поля на движущиеся в нем заряды, называют силой Лоренца.*

*Сила Лоренца определяется соотношением:*

***Fл = q·V·B·sina***

*где q - величина движущегося заряда;*

*V - модуль его скорости;*

*B - модуль вектора индукции магнитного поля;*

*a - угол между вектором скорости заряда и вектором магнитной индукции.*

**Магнитное поле заряда**

Вы видите, что произведение скорости на магнитное поле имеет ту же размерность, что и электрическое поле, так что в правой  части  (26.9)  должен  стоять множитель 1/с2, т. е.

|  |
| --- |
| Маленькое изображение |

Для медленно движущегося заряда *(v«c)*поле можно считать кулоновым, и тогда

|  |
| --- |
| Маленькое изображение |

В электродинамике **уравнение непрерывности** выводится из уравнений Максвелла. Оно утверждает, что дивергенция плотности тока равна изменению плотности заряда со знаком минус,

